



US007326449B2

(12) United States Patent
Geisow et al.(10) Patent No.: US 7,326,449 B2
(45) Date of Patent: Feb. 5, 2008

(54) LIQUID CRYSTAL DEVICE

(75) Inventors: **Adrian Derek Geisow**, Portishead (GB); **Stephen Christopher Kitson**, Alveston (GB)(73) Assignee: **Hewlett-Packard Development Company, L.P.**, Houston, TX (US)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 455 days.

(21) Appl. No.: 10/419,763

(22) Filed: Apr. 22, 2003

(65) Prior Publication Data

US 2003/0203130 A1 Oct. 30, 2003

(30) Foreign Application Priority Data

Apr. 30, 2002 (GB) 0209945.5

(51) Int. Cl.

C09K 19/56 (2006.01)

(52) U.S. Cl. 428/1.2; 349/127; 349/128; 349/94; 428/1.1

(58) Field of Classification Search 428/1.1, 428/1.2; 349/123, 127-128, 94
See application file for complete search history.

(56) References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

- | | | | |
|---------------|---------|----------------------|------------|
| 5,073,294 A | 12/1991 | Shannon et al. | 252/299.01 |
| 5,155,610 A | 10/1992 | Hikmet et al. | 359/75 |
| 5,262,882 A | 11/1993 | Hikmet | 359/75 |
| 5,686,019 A * | 11/1997 | Nakamura | 252/299.01 |
| 5,757,455 A * | 5/1998 | Sugiyama et al. | 349/129 |
| 6,151,090 A * | 11/2000 | Tanaka et al. | 349/134 |
| 6,201,588 B1 | 3/2001 | Walton et al. | 349/123 |

6,452,573 B1 * 9/2002 Martinot-Lagarde et al. .. 345/8
7,105,209 B2 * 9/2006 Heckmeier et al. 428/1.1

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

EP	0 506 175	A2	9/1992
EP	1 139 151	A1	10/2001
EP	1 139 153	A1	10/2001
EP	1 139 154	A1	10/2001
GB	2 286 647		2/1994
JP	11-326880		11/1999
WO	96/24880		8/1996

(Continued)

OTHER PUBLICATIONS

Cognard, J., "Alignment of Nematic Liquid Crystals and Their Mixtures," Molecular Crystals and Liquid Crystals Supplement Series, Supplement 1, Chemistry Group, Asulab S.A., Neuchatel, Switzerland.

(Continued)

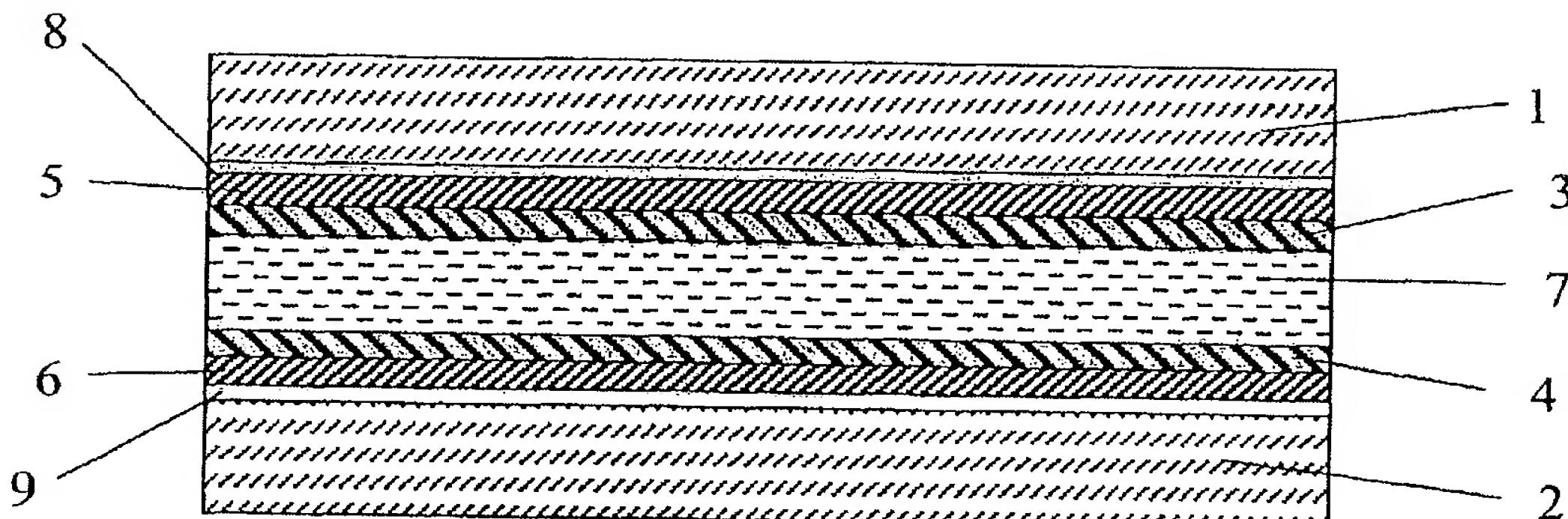
Primary Examiner—Rena Dye
Assistant Examiner—Sow-Fun Hon

(57)

ABSTRACT

A liquid crystal device comprises first and second opposed spaced-apart cell walls enclosing a layer of a liquid crystal material. Electrodes are provided on at least one cell wall for applying an electric field across at least some of the liquid crystal material. The first cell wall is provided with a first surface layer substantially comprising a polymerised aligned mesogenic material, which surface layer is in contact with the liquid crystal material. Preferably the alignment of the polymerised mesogenic material is substantially uniform across substantially the entire area of the display. The inner surface of the second cell wall may be provided with a similar second surface layer, preferably wherein the anchoring energy and/or order parameter of the liquid crystal adjacent the two surface layers is different.

27 Claims, 1 Drawing Sheet



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 62-275223

(43)Date of publication of application : 30.11.1987

(51)Int.Cl.

G02F 1/133
G02F 1/133

(21)Application number : 61-117422

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 23.05.1986

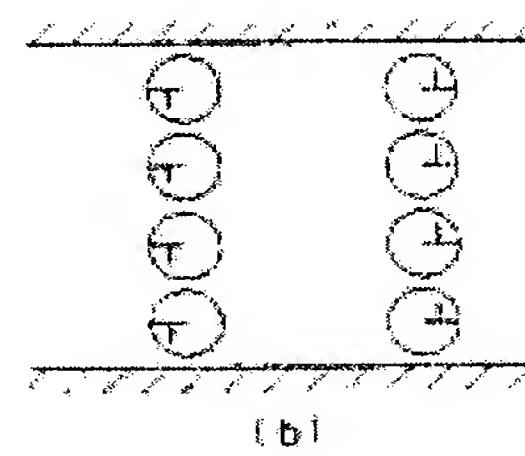
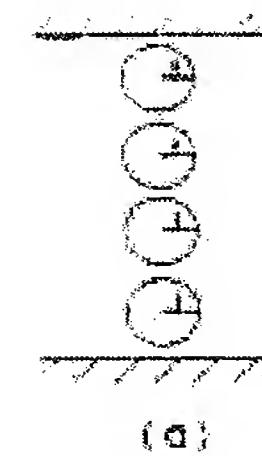
(72)Inventor : TSUBOYAMA AKIRA
OKADA SHINJIRO
TANIGUCHI OSAMU
KAWAGISHI HIDEYUKI

(54) LIQUID CRYSTAL ELEMENT AND ITS DRIVING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a liquid crystal element which displays characteristics of ferroelectric liquid crystal to its maximum by obtaining a certain specified bistable state.

CONSTITUTION: This a liquid crystal element of cell structure having the ferroelectric liquid crystal between a couple of substrates provided with electrodes and oriented films and the ferroelectric liquid crystal has a single stable state induced on an oriented film interface in the absence of an impressed electric field. Then, when a DC electric field (downward) is impressed on the liquid crystal element which is in a stable molecule orientation state in one direction so that the polarization direction of liquid crystal molecules becomes stable in the opposite direction, a bistable state can be realized artificially. Namely, the DC electric field in this opposite direction is impressed while the liquid crystal element is driven to generate a state where an electric field more than a certain value is impressed at any time, thereby obtaining the stable bistable state regardless of the phase structure of the liquid crystal, components of the oriented films, a combination of orientation processing methods, etc.



⑯日本国特許庁(JP)

⑪特許出願公開

⑫公開特許公報(A)

昭62-275223

⑬Int.Cl.⁴

G 02 F 1/133

識別記号

3 1 5
3 3 4

府内整理番号

7370-2H
7348-2H

⑭公開 昭和62年(1987)11月30日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全7頁)

⑮発明の名称 液晶素子及びその駆動法

⑯特願 昭61-117422

⑰出願 昭61(1986)5月23日

⑮発明者	坪山 明	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑮発明者	岡田 伸二郎	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑮発明者	谷口 修	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑮発明者	河岸 秀行	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑯出願人	キヤノン株式会社	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	
⑰代理人	弁理士 豊田 善雄		

明細書

1. 発明の名称

液晶素子及びその駆動法

2. 特許請求の範囲

(1) 電極と配向膜を設けた一対の基板間に強誘電性液晶を挟持してなるセル構造の液晶素子において、該配向膜界面によって誘起される該強誘電性液晶の安定状態が、電場無印加状態で单一の安定状態を持つことを特徴とする液晶素子。

(2) 上記強誘電性液晶の单一の安定状態を誘起させる配向膜として、一方の電極側に形成された配向膜が、界面付近の強誘電性液晶分子の分極方向を配向膜側に配向させる性質を持ち、他方の電極側に形成された配向膜が、界面付近の強誘電性液晶分子の分極方向を液晶層側に配向させる性質を持つことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の液晶素子。

(3) 走査電極群と情報電極群より成るマトリクス構造の電極間に電圧を印加することにより、単安定状態を有する液晶層を光学変調する液晶素子の

駆動法において、前記電極間に駆動中一定の直流電圧を印加することを特徴とする液晶素子の駆動法。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、液晶表示素子や液晶-光シャッター等に使用される液晶素子及びその駆動法に関し、更に詳しくは、液晶分子の配向状態を改善することにより、表示ならびに駆動特性を改善した液晶素子及びその駆動法に関するものである。

[開示の概要]

本明細書及び図面は、液晶表示素子や液晶-光シャッター等に使用される液晶素子及びその駆動法において、上下基板の配向膜及びその配向処理をそれぞれ非対称な構成とし、単安定状態をとる液晶分子の分極方向が反対の向きに安定化するような直流電界を印加することにより、擬似的な双安定状態を誘起し、強誘電性液晶の最大の特徴であるメモリー性を生かした駆動ができるようにしたものである。

[従来の技術]

従来の液晶素子としては、例えばエム・シャット(M. Schadt)とダブリュー・ヘルフリッヒ(W. Helfrich)著“アプライド・フィジックス・レターズ”(“Applied Physics Letters”)第18巻、第4号(1971年2月15日発行)、第127頁～128頁の“ボルテージ・ディベンダント・オブティカル・アクティビティー・オブ・ア・ツイステッド・ネマチック・リキッド・クリスタル”(“Voltage Dependent Optical Activity of a Twisted Nematic Liquid Crystal”)に示されたツイステッド・ネマチック(twisted nematic)液晶を用いたものが知られている。このTN液晶は、画素密度を高くしたマトリクス電極構造を用いた時分割駆動の時、クロストークを発生する問題点があるため、画素数が制限されていた。

また、各画素に薄膜トランジスタによるスイッチング素子を接続し、画素毎にスイッチングする方式の表示素子が知られているが、基板上に薄膜トランジスタを形成する工程が極めて煩雑な上、大画面の表示素子を作成することが難かしい問題点がある。

第2図は、らせん構造を用いた強誘電性液晶セルの例を模式的に描いたものである。11aと11bは、 In_2O_3 、 SnO_2 やITO(Indium Tin Oxide)等の透明電極がコートされた基板(ガラス板)であり、その間に液晶分子層12がガラス面に垂直になる様に配向したSmC*(カイラルスマクチックC相)の液晶が封入されている。太線で示した線13が液晶分子を表わしており、この液晶分子13は、その分子に直交した方向に双極子モーメント(P_{\perp})14を有している。この時の三角錐の直角をなす角度がかかるらせん構造のカイラルスマクチック相でのチルト角 θ を表わしている。基板11aと11b上の電極間に一定の閾値以上の電圧を印加すると、液晶分子13のらせん構造がほどけ、双極子モーメント(P_{\perp})14はすべて電界方向に向くよう、液晶分子13の配向方向を変える事ができる。液晶分子13は細長い形状を有しており、その長軸方向と短軸方向で屈曲率異方性を示し、従って例えばガラス面の上下に互いにクロスニコルの位置関係に配置した偏光子を置けば、電圧印加極性によって光学特性が変わる液晶光学変調素子と

このような従来型の液晶素子の欠点を改善するものとして、双安定性を有する液晶素子の使用がクラーク(Clark)およびラガウェル(Lagerwall)により提案されている(特開昭56-107216号公報、米国特許第4,367,924号明細書等)。双安定性を有する液晶としては、一般に、カイラルスマクチックC相(SmC*)またはH相(SmH*)を有する強誘電性液晶が用いられる。この液晶は電界に対して第1の光学安定状態と第2の光学的安定状態からなる双安定状態を有し、従って前述のTN型の液晶で用いられた光学変調素子とは異なり、例えば一方の電界ベクトルに対して第1の光学的安定状態に液晶が配向し、他方の電界ベクトルに対しては第2の光学的安定状態に液晶が配向される。又この型の液晶は、加えられる電界に応答して、極めて速やかに上記2つの安定状態のいずれかを取り、且つ電界の印加のないときはその状態を維持する性質を有する。この様な性質を利用することにより、上述した従来のTN型素子の問題点の多くに対して、かなり本質的な改善が得られる。

なる事は容易に理解される。更に液晶セルの厚さを充分に薄くした場合(例えば1μ)には、第3図に示す様に電界を印加していない状態でも液晶分子のらせん構造はほどけ、非らせん構造となり、その双極子モーメントPa又はPbは上向き(24a)又は下向き(24b)のどちらかの状態をとり、双安定状態が形成される。このようなセルに第3図に示す如く一定の閾値以上の極性の異なる電界EaまたはEbを付与すると、双極子モーメント電界Ea又はEbは電界ベクトルに対応して上向き24a又は、下向き24bと向きを変え、それに応じて液晶分子は第1の安定状態23aか或いは第2の安定状態23bの何れか一方に配向する。この時の第1と第2の安定状態のなす角度の1/2がチルト角 θ に相当している。

この様な強誘電性液晶を光学変調素子として用いることの利点は2つある。第1に、応答速度が極めて速いこと、第2に液晶分子の配向が双安定性を有することである。第2の点を例えれば第3図によって説明すると、電界Eaを印加すると液晶分

子は第1の安定状態23aに配向するが、この状態は電界を切っても安定である。又、逆向きの電界E_bを印加すると、液晶分子は第2の安定状態23bに配向して、その分子の向きを変えるが、やはり電界を切ってもこの状態に留っている。又、与える電界E_aが一定の閾値を越えない限り夫々の配向状態にやはり維持されている。このような応答速度の速さと、双安定性が有効に実現されるには、セルとしては出来るだけ薄い方が好ましく、一般的には、0.5 μ～20 μ、特に1 μ～5 μが適している。

次に、強誘電性液晶の駆動法の具体例を、第4図～第6図を用いて説明する。

第4図は、中間に強誘電性液晶化合物（図示せず）が挟まれたマトリクス電極構造を有するセル31の模式図である。32は、走査電極群であり、33は信号電極群である。最初に走査電極S₁が選択された場合について述べる。第5図(a)と第5図(b)は走査信号であって、それぞれ選択された走査電極S₁に印加される電気信号とその以外の走査

電極（選択されない走査電極）S₂、S₃、S₄…に印加される電気信号を有している。第5図(c)と第5図(d)は、情報信号であってそれぞれ選択された信号電極I₁、I₃、I₅と選択されない信号電極I₂、I₄に与えられる電気信号を示している。

第5図および第6図においては、それぞれ横軸が時間を、縦軸が電圧を表わす。例えば、動画を表示するような場合には、走査電極群32は逐次、周期的に選択される。今、所定の電圧印加時間t₁またはt₂に対して双安定性を有する液晶セルの、第1の安定状態を与えるための閾値電圧を-V_{th1}とし、第2の安定状態を与えるための閾値電圧を+V_{th2}とすると、選択された走査電極32(S₁)に与えられる電極信号は、第5図(a)に示される如く位相(時間)t₁では、2Vを、位相(時間)t₂では、-2Vとなるような交番する電圧である。このように選択された走査電極に互いに電圧の異なる複数の位相間隔を有する電気信号を印加すると、光学的「暗」あるいは「明」状態に相当する液晶の第1あるいは第2の安定状態間での状態変

化を、速やかに起こさせることができるという重要な効果が得られる。

一方、それ以外の走査電極S₂～S₅…は、第5図(b)に示す如くアース状態となっており、電気信号0である。また、選択された信号電極I₁、I₃、I₅に与えられる電気信号は、第5図(c)に示される如くVであり、また選択されない信号電極I₂、I₄に与えられる電気信号は、第5図(d)に示される如く-Vである。以上に於て各々の電圧値は、以下の関係を満足する所望の値に設定される。

$$\begin{aligned} V &< V_{th2} < 3V \\ -3V &< -V_{th1} < -V \end{aligned}$$

この様な電気信号が与えられたときの各画素のうち、例えば第4図中の画素AとBにそれぞれ印加される電圧波形を第6図(a)と(b)に示す。すなわち、第6図(a)と(b)より明らかに如く、選択された走査線上にある画素Aでは、位相t₂に於て、閾値V_{th2}を越える電圧3Vが印加される。また、同一走査線上に存在する画素Bでは位相t₁に

於て閾値-V_{th1}を越える電圧-3Vが印加される。従って、選択された走査電極線上に於て、信号電極が選択されたか否かに応じて、選択された場合には、液晶分子は第1の安定状態に配向を揃え、選択されない場合には第2の安定状態に配向を揃える。

一方、第6図(c)と(d)に示される如く、選択されない走査線上では、すべての画素に印加される電圧はVまたは-Vであって、いずれも閾値電圧を越えない。従って、選択された走査線上以外の各画素における液晶分子は、配向状態を変えることなく前回走査されたときの信号状態に対応した配向を、そのまま保持している。即ち、走査電極が選択されたときにその1ライン分の信号の書き込みが行われ、1フレームが終了して次回選択されるまでの間は、その信号状態を保持し得るわけである。従って、走査電極数が増えても、実質的なデューティ比はかわらず、コントラストの低下は全く生じない。

【発明が解決しようとする問題点】

しかしながら、この双安定性を有する液晶を用いる光学変調素子が所望の作動特性を発揮するには、一対の平行基板間に配置される液晶が、上記2つの安定状態の間での変換が効果的に起るような分子配列状態にあることが必要である。たとえばSmC⁺(スマクチックC)またはSmH⁺(スマクチックH)相を有する強誘電性液晶については、SmC⁺またはSmH⁺相を有する液晶分子層が基板面に對して垂直で、したがって液晶分子軸が基板面にはほぼ平行に配列した領域(モノドメイン)が形成される必要がある。ところが、従来の双安定性を有する液晶を用いる光学変調素子においては、このようなモノドメイン構造を有する液晶の配向状態が、必ずしも満足に形成されなかつたために、十分な特性が得られなかつたのが実情である。すなわち、液晶の相構造、配向膜の成分、配向処理の方法には幾つかの種類があり、それらの組合せ方によつては液晶に電界を印加して第1の安定状態にスイッチングさせても、一様な安定状態を保つことが出来ず、有限な時間で全ての画素が元の

第1の安定状態に戻つてしまふ場合があつた。

本発明は、ある特定化された双安定状態を達成することにより、強誘電性液晶の特性を最大限に発揮することのできる液晶素子及びその駆動法を提供することを目的とする。

[問題点を解決するための手段]

第1の発明の液晶素子は、電極と配向膜を設けた一対の基板間に強誘電性液晶を挟持してなるセル構造の液晶素子であつて、該配向膜界面によつて誘起される該強誘電性液晶の安定状態が、電場無印加状態で单一の安定状態を持つことを特徴とするものである。

第2の発明の駆動法は、走査電極群と情報電極群より成るマトリクス構造の電極間に電圧を印加することにより、単安定状態を有する液晶層を光学変調する液晶素子の駆動法であつて、前記電極間に駆動中一定の直流電圧を印加することを特徴とするものである。なお、電極間に加えられる

直流電界としては0.5～10V/ μ m程度が好適である。

[作用]

第1図は第3図で示したスマクティック層における液晶分子の分子軸成分及びその分極方向の投影図である。第1図(a)は本発明による配向膜によつて出現する单安定状態を示し、第1図(b)は理想的な双安定状態を両方示したものである。第1図(a),(b)において斜線部は配向膜を示す。本発明による液晶素子においては、上下の配向膜をそれを2極性の配向膜としたため、第1図(a)に示すように液晶分子は一方の分極方向にのみ安定状態をとる。すなわち、第1図(a)において上基板側に形成された配向膜は界面付近の液晶分子の分極方向を配向膜側に配向させる性質を持ち、下基板側に形成された配向膜は界面付近の液晶分子の分極方向を液晶層側に配向させる性質を持つものである。このような一方向の分子配向状態が安定している液晶素子に対して、液晶分子の分極方向が反対方向に安定するように直流電界(第1

図(a)では下向きの電界)を印加すると、第1図(b)のような双安定状態を擬似的に実現することができる。すなわち、液晶素子の駆動中、この逆方向の直流電界を印加し、常にある一定以上の電界が印加された状態をつくりだすことにより、液晶の相構造や配向膜の成分、配向処理法等の組合せにかかわらず理想的な双安定性を達成することができる。

[実施例]

以下、本発明による液晶素子及びその駆動法の実施例を説明する。

本発明で用いられる配向膜は、液晶分子の分極方向を上下基板でそれぞれ逆向きに配向させるものであり、本実施例では下記表-1に示すものを使用した。

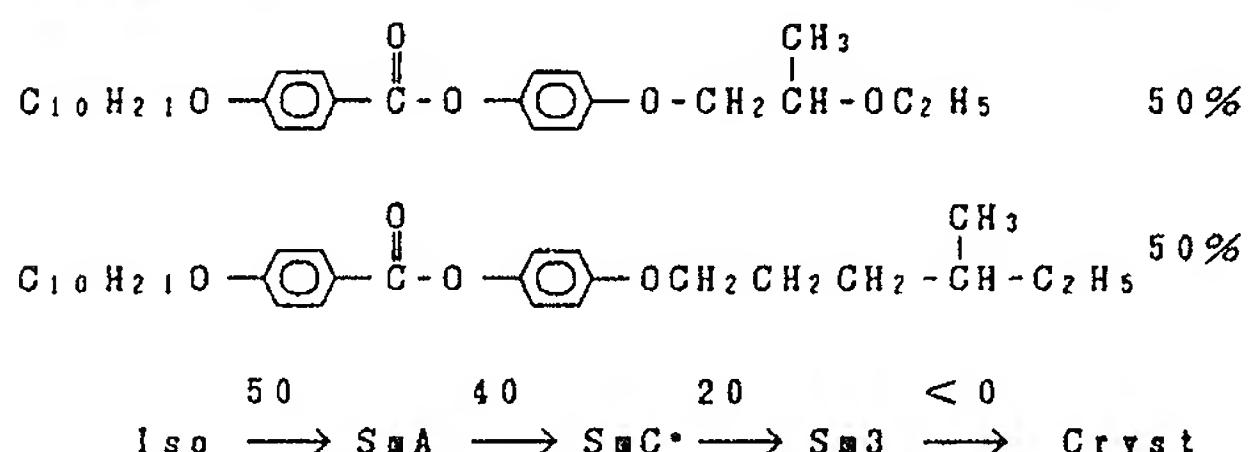
表 一 1

組合せ番号	分配子に向かせる極側に膜を	分液配向させること層極側に膜を
(1)	ポリイミド系樹脂 日立化成錦社製 。PIQ。	シンランカップリ 東錦レシリコーン 社製 。SH6020。
(2)	ポリビニルアル コール系樹脂 日本合成化学錦社 製 。EG25。	"

また、強誘電性液晶としては、次式で示される2種類の液晶組成物を使用した。

液晶組成物 A :

混合比



Aを注入し、 $1^{\circ}\text{C}/\text{h}$ で徐冷することによってS_{sc}C相の液晶セルを得た。

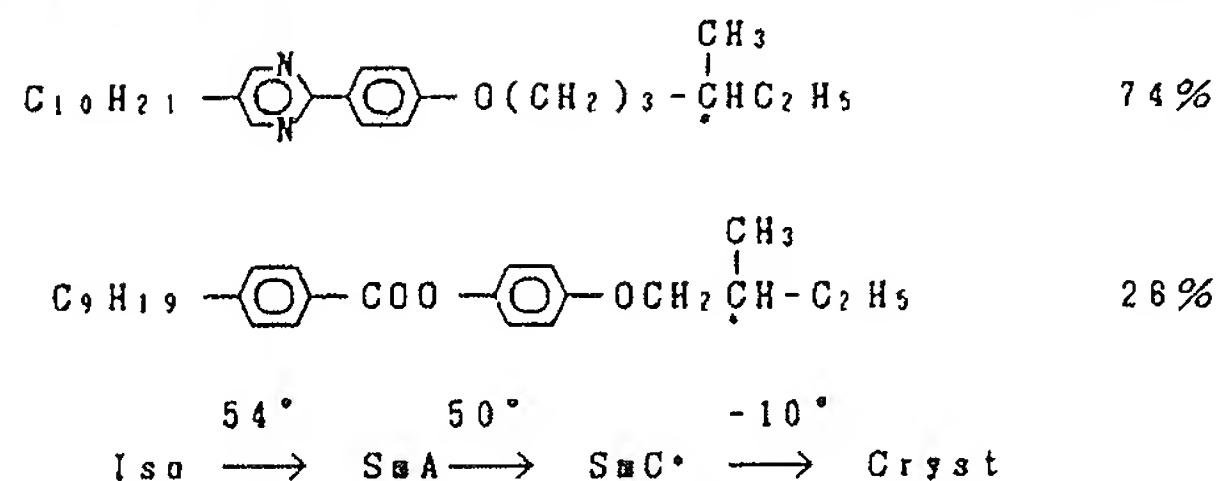
上記液晶セルの両側に、クロスニコルの偏光子及び検光子を配置し、マトリクス電極間に前述した第5図に示す波形の信号を印加した。この時、^o PIQ^o を塗布した側の電極群に +3.2 V の直流電圧を印加したところ、均一なモノドメイン配向を得ることができた。また、走査信号は前記直流電圧から +12 V と -12 V の交番電圧とし、情報信号は選択を +6 V、非選択を -6 V として駆動を行ったところ、メモリー駆動型の時分割駆動を行うことができ、正常な表示画像が得られた。

实施例 2

液晶組成物Bを使用し、それ以外の構成は前記実施例1と全く同様とした。この実施例においても、液晶セルの。PIQ。を塗布した側の電極群に+2.4Vの直流電圧を印加することによって均一なモノドメイン配向を得ることができた。また、走査信号は前記直流電圧から±15Vの交番電圧、情報信号は選択を+7.5V、非選択を-7.5Vと

液晶組成物 B :

混合比



宋旗例 1

ストライプ状のITO (Indium-Tin-Oxide) 電極群を形成したガラス基板上に、前記ポリイミド系樹脂。PIQ[®]を1000Åに塗布した後、焼成した。一方、同じくストライプ状のITO電極群を形成したガラス基板上に、前記シランカップリング剤。SH6020[®]を数10Åに塗布した後、焼成した。次に、PIQ面のみをラビング処理し、両基板の電極面を対向させ、電極群が互いに直交するよう組合せるとともに、1.5μm粒径のスペーサーを全面に散布して周囲を接着した。次に、液晶組成物

して駆動を行ったところ、前記実施例と同様にメモリー駆動型の時分割駆動を行うことができた。

寒 旅 例 3

液晶組成物Bを使用し、配向膜を \circ EG25 \circ とした。それ以外の構成は前記実施例1と全く同様である。この実施例においても、 \circ EG25 \circ 側配向膜に+3Vの直流電圧を印加することで均一なモノドメイン配向を得ることができた。また、走査信号は前記直流電圧から±12Vの交番電圧、情報信号は選択を+6V、非選択を-6Vとして駆動を行ったところ、前記実施例と同様にメモリー駆動型の時分割駆動を行うことができた。

上記各実施例においては、上下基板の配向膜を非対称とした場合について述べたが、上下基板の配向膜が対称的な構成であっても、単安定状態が得られる場合には上記駆動法によって双安定性のある駆動を実現することができる。

[発明の効果]

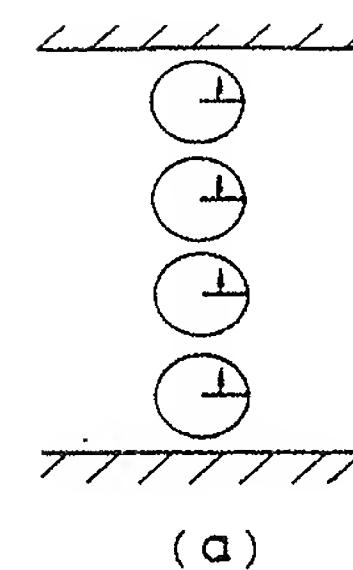
以上説明したように、本発明によれば、初期安

定状態が单一状態の液晶素子に直流電界を常時印加し、擬似的な双安定状態を誘起することにより、均一なモノドメイン配向を実現することができる。この結果、強誘電性液晶の最大の特徴であるメモリー性を生かした駆動が可能となり、高画質・大画面のディスプレイ装置を得ることができる。

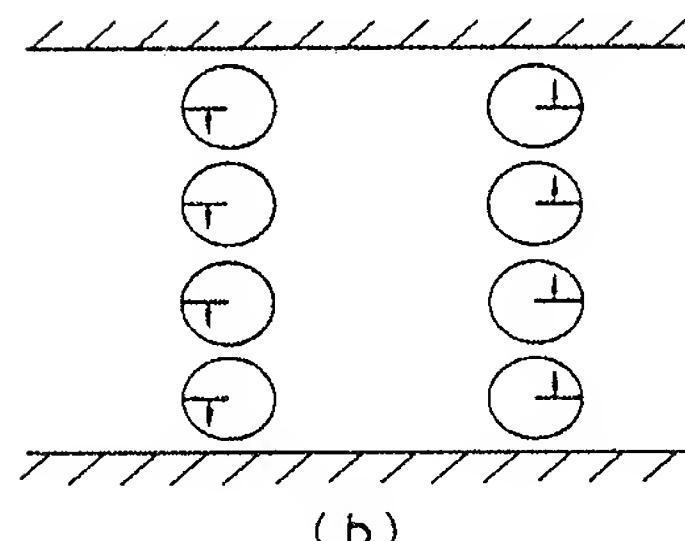
4. 図面の簡単な説明

第1図は液晶分子の分子軸成分及びその分極方向の投影図、第2図及び第3図は液晶セルの模式図、第4図はマトリクス電極構造を示す図、第5図及び第6図は各電圧波形を示す図である。

- 11a, 11b: 基板, 12: 液晶分子層,
- 13: 液晶分子, 14: 双極子モーメント,
- 23a: 第1の安定状態,
- 23b: 第2の安定状態,
- 24a: 上向き双極子モーメント,
- 24b: 下向き双極子モーメント,
- 32(S₁, S₂, …): 走査電極群(走査電極),
- 33(I₁, I₂, …): 信号電極群(信号電極).



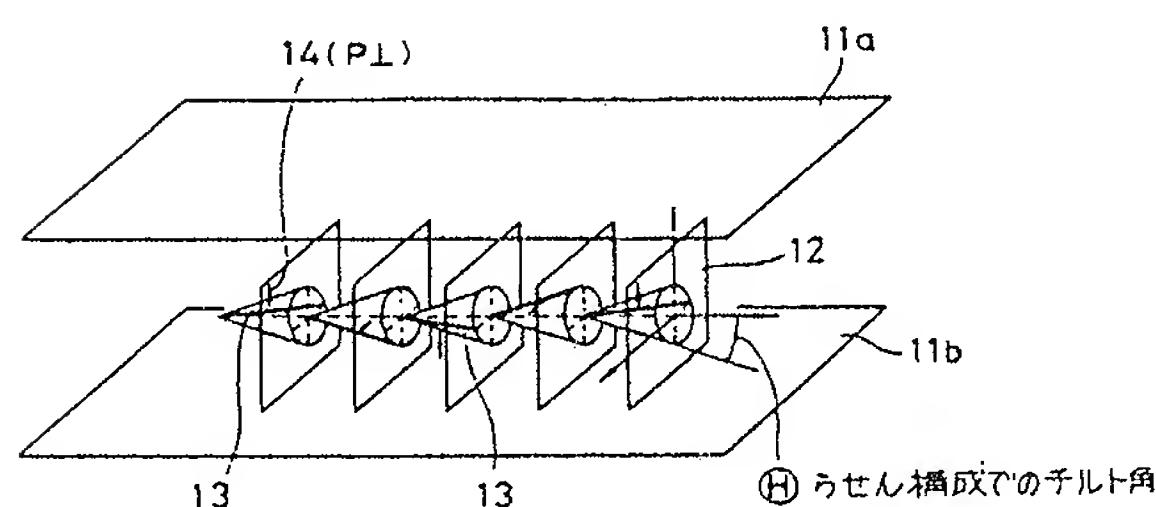
(a)



(b)

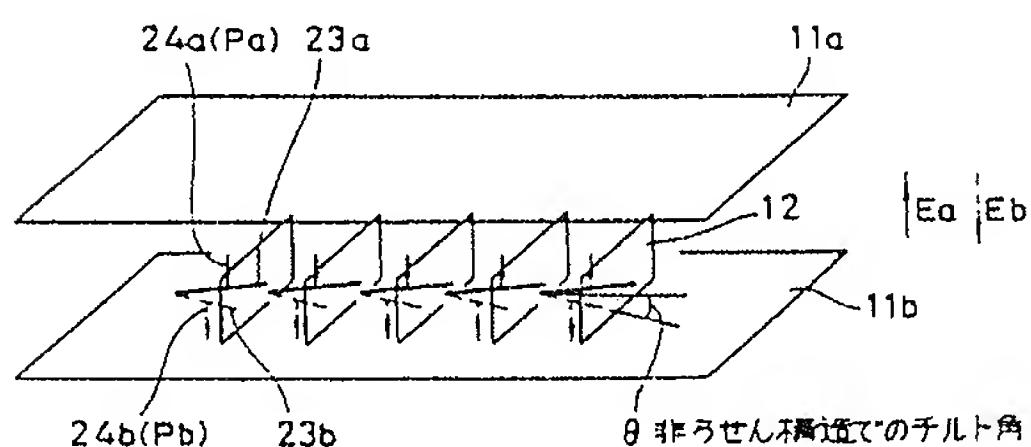
液晶分子の分子軸成分及びその分極方向の投影図

第1図



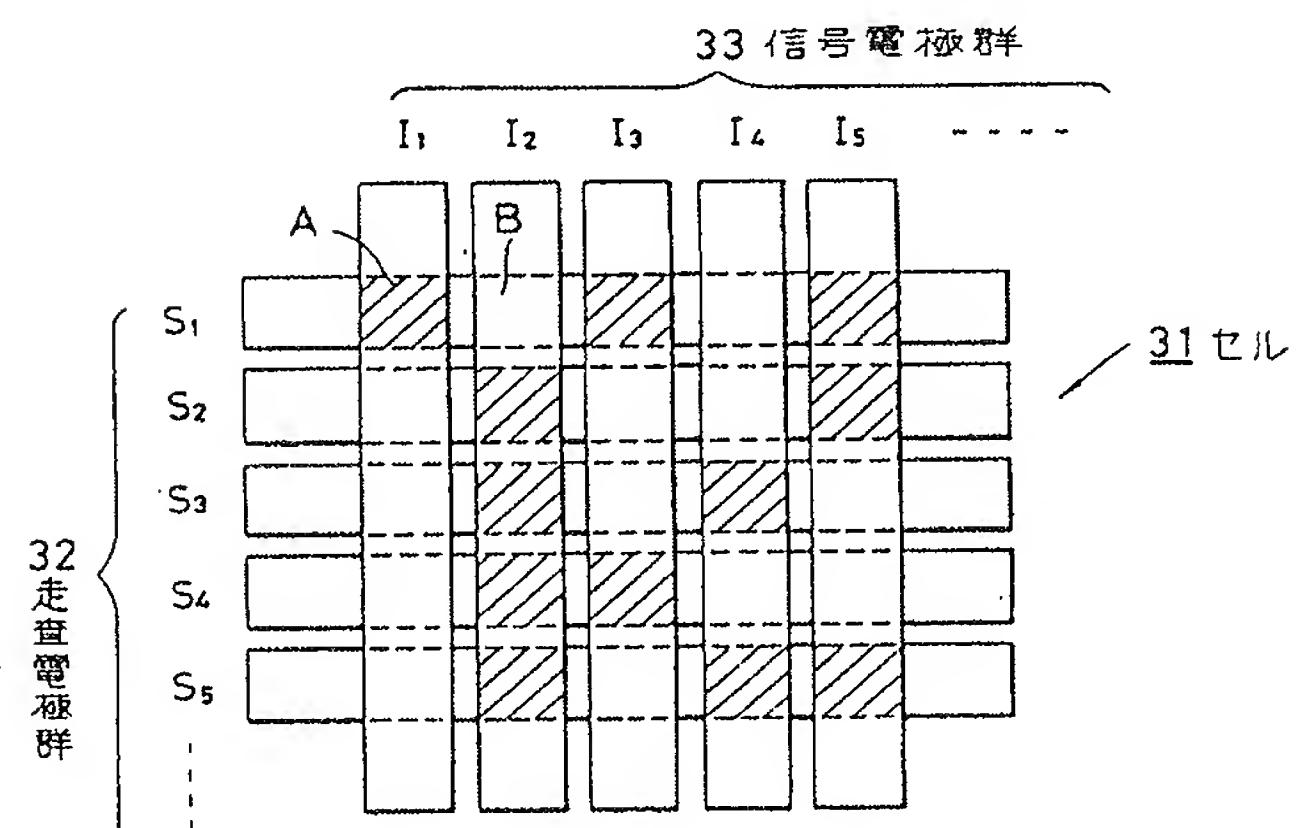
液晶セルの模式図

第2図



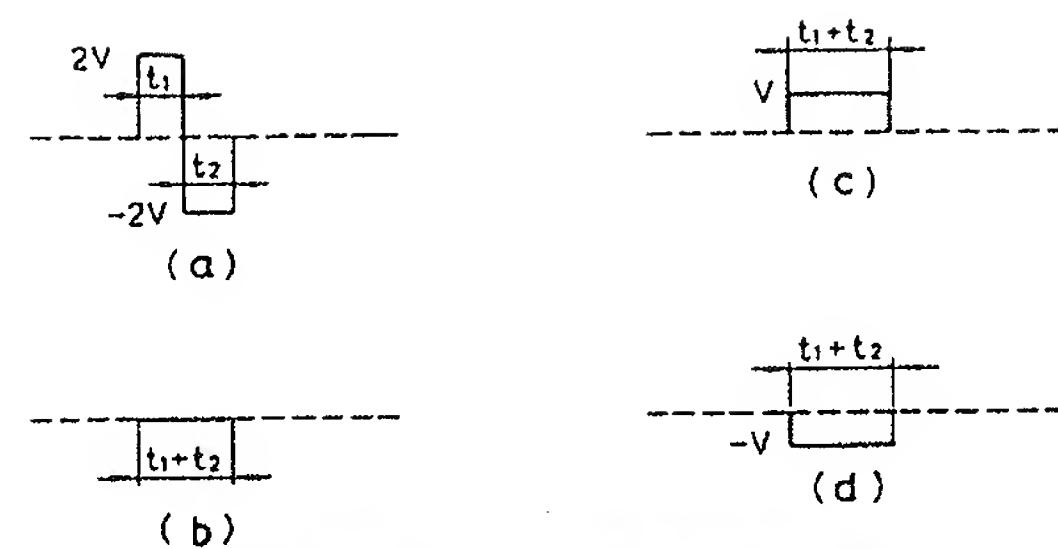
液晶セルの模式図

第3図



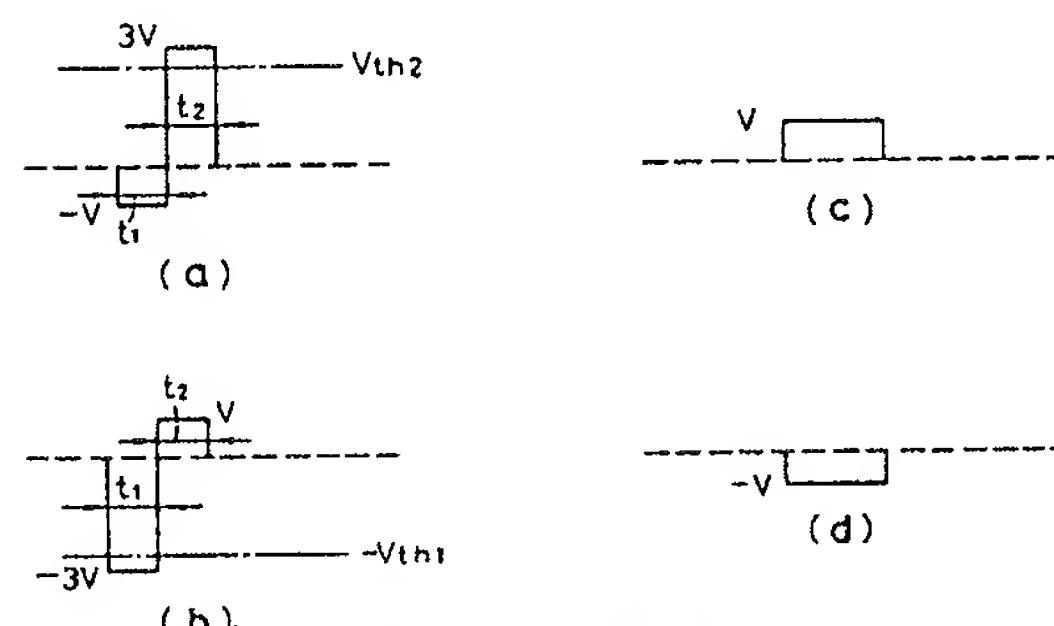
マトリクス電極構造を有するセルの模式図

第4図



マトリクス電極に印加する電気信号を示す図

第5図



マトリクス電極間に付与された電圧波形を示す図

第6図

JP 62-275223

LIQUID CRYSTAL ELEMENT AND ITS DRIVING METHOD

Claim 1

A liquid crystal element having a cell structure which comprises a ferroelectric liquid crystal sandwiched between a pair of substrates, each of which is provided with an electrode and an alignment layer, wherein a stable state of the ferroelectric liquid crystal induced on the alignment layer interface has a single stable state in the absence of applied electric field.

Claim 2

The liquid crystal element according to claim 1, wherein the alignment layer which induces the single stable state of the ferroelectric liquid crystal has the following characteristics: an alignment layer formed on one electrode side has a characteristic to align a polarization direction of a ferroelectric liquid crystal molecule near the interface to the alignment layer side, and an alignment layer formed on the other electrode side has a characteristic to align a polarization direction of a ferroelectric liquid crystal molecule near the interface to a liquid crystal layer side.

[EXAMPLES]

Hereinafter, the liquid crystal element and the driving method thereof of the present invention will be explained by way of examples.

The alignment layers used in the present invention are alignment layers which align polarization directions of the liquid crystal molecules opposite directions for each of the upper and lower substrates. The alignment layers shown in the below table 1 were used in the examples.

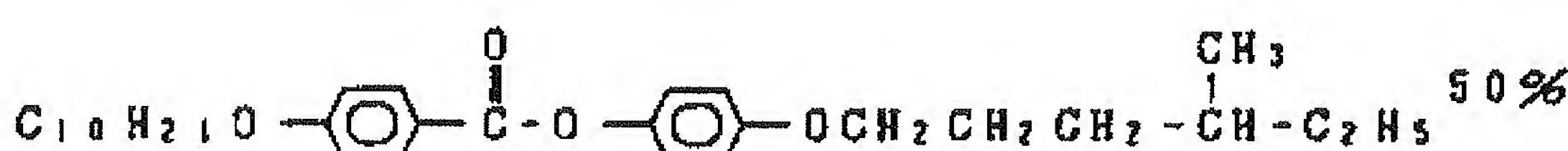
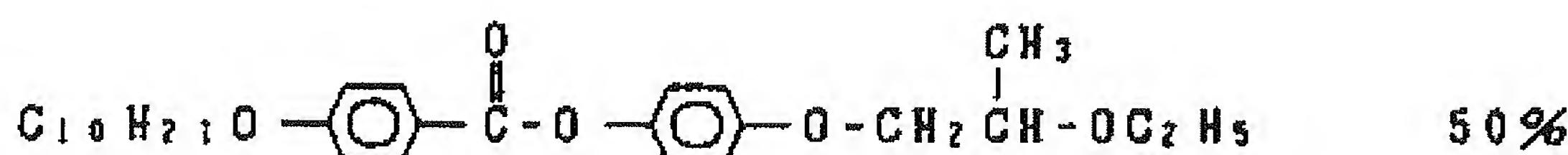
Table 1

Combination No.	Alignment layer which aligns molecule polarization direction to the alignment layer side	Alignment layer which aligns molecule polarization direction to the liquid crystal layer side
(1)	Polyimide-based resin Manufactured by Hitachi Chemical Co., Ltd. ° PIQ°	Silane coupling agent Manufactured by Toray Silicone Co., Ltd. ° SH6020°
(2)	Polyvinyl alcohol-based resin Manufactured by Nippon Synthetic Chemical Industry Co., Ltd. ° EG25°	"

Further, the two types of liquid crystal compositions illustrated by the below formulae were used as the ferroelectric liquid crystals.

Liquid crystal composition A:

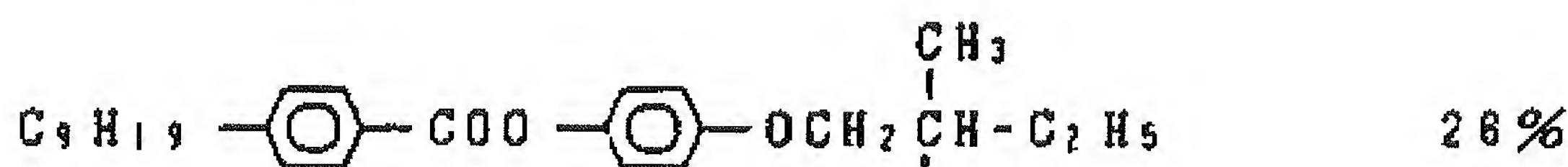
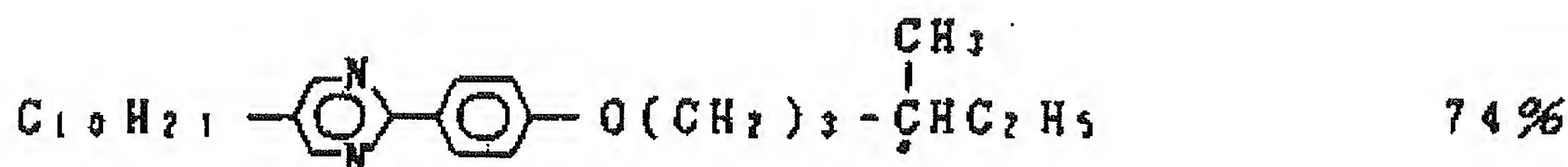
Mix rate



50 40 20 < 0
 Iso → SmA → SmC° → Sm3 → Cryst

Liquid crystal composition B:

Mix rate



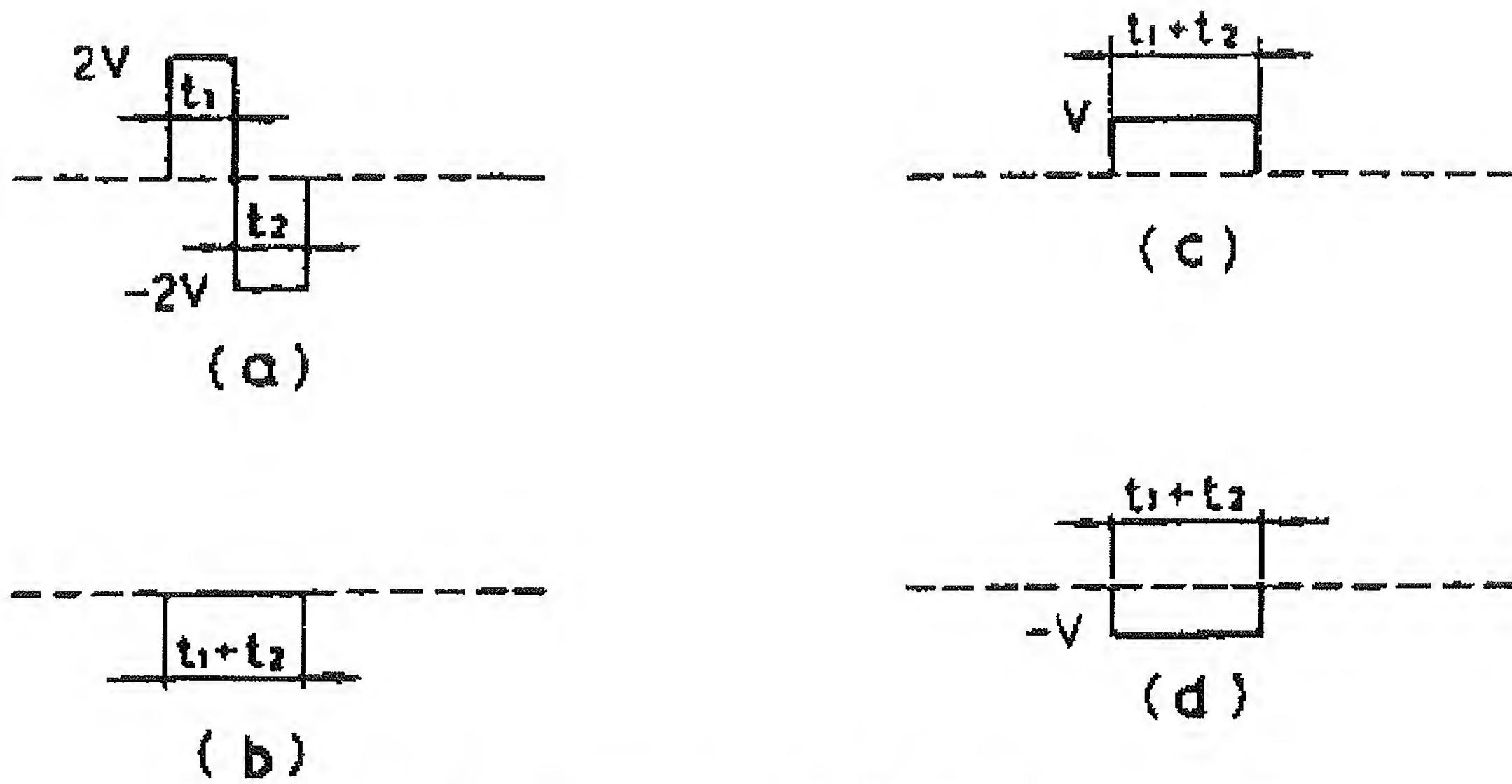
54° 50° -10°
Iso → SmA → SmC* → Cryst

Example 1

The polyimide-based resin° PIQ° was coated by 1000 Å onto a glass substrate where ITO (Indium-Tin-Oxide) electrode group in stripe form were formed, and the resultant was baked. The silane coupling agent° SH6020° was coated by 10 Å onto a similar glass substrate where ITO electrode group in stripe form were formed, and the resultant was baked. Next, only the ° PIQ° surface was rubbing treated and the electrode side of both substrates were arranged to face each other and the electrode groups were combined to become orthogonal to each other. Spacers of 1.5 μ m particle size were spread to the whole surface and circumference thereof was adhered. Then, the liquid crystal composition A was injected into the resultant and gradually cooled by 1 °C/h and thereby a liquid crystal cell of SmC* phase was obtained.

A crossed-nicole polarizer and analyzer were provided to the both sides of the liquid crystal cell and signal having the wave shown in FIG. 5 was applied between the matrix electrodes. When a direct volt of +3.2 V was applied to the electrode group where° PIQ° was coated thereon, a uniform monodomain alignment was exhibited.

FIG. 5



マトリクス電極に印加する電気信号を示す図

Figures illustrating electric signals
applied to matrix electrode

Example 2

Experiment was conducted by the same technical structure as in Example 1 except that the liquid crystal composition B was used. In this experiment, a uniform monodomain alignment was exhibited by applying a direct voltage of +2.4 V to the electrode group of the liquid crystal cell where ° PIQ ° of was coated.

Example 3

The liquid crystal composition B and the alignment layer ° EG25 ° was used. Experiment was conducted by the same technical structure as in Example 1 except the above. In this experiment also, a uniform monodomain alignment was exhibited by applying a direct voltage of +3 V to the alignment layer of ° EG25 ° side.